



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 29 744 A1 2004.01.15**

(12) -

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 29 744.4**  
(22) Anmeldetag: **03.07.2002**  
(43) Offenlegungstag: **15.01.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B23K 26/20**

(71) Anmelder:  
**Winter Pipeline GmbH, 18059 Rostock, DE**  
(74) Vertreter:  
**Reimann, W., Dipl.-Jur. Ing., Pat.-Ass., 12685  
Berlin**

(72) Erfinder:  
**Winter, Lothar, 12623 Berlin, DE; Hanisch,  
Wolfgang, 15366 Hönow, DE; Hannemann, Erik,  
14197 Berlin, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start-/Stop-Bereich**

(57) Zusammenfassung: Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start/Stop-Bereich, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung des Laserstrahles im Start- und Stopbereich durch eine Kombination von Maßnahmen die Streckenenergie des Laserstrahles in diesem Bereich optimal gesteuert wird.

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung hat für Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start/Stop-Bereich zum Inhalt.

### Stand der Technik

[0002] Das Laserschweißen gewinnt auf Grund der hohen Schweißgüte ohne zusätzliches Schweißmaterial für hochbeanspruchte Bauteile im Maschinen- und Anlagenbau zunehmend an Bedeutung. Der Start/Stop-Bereich der Schweißnaht mit seinen Schweißfehlern war bisher hinsichtlich der Schweißnaht gütemindem und schränkte damit die Einsatzbreite des Laserschweißens ein.

[0003] Diese Situation beim Laserschweißen führte zu einer umfangreichen Untersuchung und Erprobung mit serienmäßig verfügbaren Laserschweißanlagen hoher Leistung mit der erfinderischen Aufgabenstellung, ein fehlerfreies Laserschweißen als Technologie besonders für Endlosschweißnähte mit dem Schwerpunkt Start/Endpunktbereich zu erarbeiten.

[0004] Mit den bekannten technisch/technologisch Arbeitsverfahren des Laserschweißens sind ständig folgende technisch/technologische Probleme aufgetreten.

Im Startbereich führt der Start mit Arbeitsleistung zu einem Aufwerten des Materials um 0,5–1 mm ca. 3–4 mm vor dem Startpunkt. In einigen Fällen ist eine Pore mit beginnendem Riss oder Mittelrippendefekt zu erkennen. Wenn die Leistung nicht genau bestimmt wurde, also im oberen Grenzbereich liegt, kommt es zu einem Durchschweißfehler im Bereich der ersten 2–3 mm. Gleiches ist bei mangelnder Schutzgaseinstellung zu erkennen.

Im Stopbereich führt plötzliches Abschalten der Laserleistung in jedem Fall zu der Ausbildung eines Endkraters mit einer Rißbildung und Mittelrippendefekte entgegen der Schweißrichtung. Dieser Endkrater kann auch als Loch durch das geschweißte Material hindurchgehen.

Im Überlappungsbereich bei kreisförmigen bzw. endlos (geschlossenen) Schweißnähten tritt sobald sich die Schweißnaht wieder dem Startpunkt auf ca. 3–4 mm nähert, ein Riß und Mittelrippendefekte von 5–30 mm Länge auf, der vermutlich vom Startpunkt (durch vorhergehende Erwärmung verändertes Gefüge oder Mittelrippendefekte) in das noch nicht erstarrte Material hineinwächst. Das Gleiche ist beim Kreuzen zweier Nähte zu beobachten.

### Aufgabenstellung

[0005] Zur Lösung des Problems der Rißbildung, Mittelrippendefekte und Poren im Start/Stop-Überlappungsbereich von Laserschweißnähten wurden nachfolgende Varianten erprobt, um die Chancen für eine technisch/technologische und damit auch erfin-

derische Lösung abzuleiten.

1. Kontinuierliches Einrampen der Arbeitsleistung von einer geringeren Leistung zur Arbeitsleistung (P%) im Startbereich (0%–P%; 20%–P%; 50%–P%; und 60% bis P%)
2. Start mit Arbeitsleistung – Überfahren des Start/Endpunktes (bei Endlosnähten) (um 0 bis 6 mm) und anschließendes Abschalten des Lasers;
3. Start mit Arbeitsleistung – Überfahren des Start/Endpunktes (um – 5 bis 6 mm) und anschließendes kontinuierliches Absenken der Streckenenergie;
4. Start mit Arbeitsleistung – Herausgehen aus der Naht vor, bzw. nach dem Start/Endpunkt (bei Endlosnähten) und nachfolgendes kontinuierliches Absenken der Streckenenergie parallel zur Schweißnaht innerhalb der Kontur,
5. Start mit Arbeitsleistung – Absenken der Leistung vor dem Erreichen des Start/Endpunktes (–10 bis – 2 mm ) und anschließendes Beenden des Schweißprozesses nach Variante 3 oder 4;
6. Start mit Arbeitsleistung – Absenken der Leistung vor Erreichen des Start/Endpunktes nach Variante 5 und anschließendes Verringern der Streckenenergie entgegen der bisherigen Schweißrichtung, d.h. nochmaliges Überfahren des Überlappungsbereiches

[0006] Diese Versuche wurden mit der verfügbaren Laserschweißanlage von Trumpf durchgeführt.

[0007] Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Zu 1. Keine Verbesserung, da der Tiefschweißeffekt plötzlich einsetzt und somit ein nicht durchgeschweißter Bereich mit einer Wärmeeinflußzone entsteht. An der Nahtwurzel kann keine Anbindung der Schweißnaht erreicht werden.

Zu 2. Es kommt im Bereich 3 mm vor dem Start/Endpunkt bis zum Endkrater zu tiefen Mittelrippendefekten, Rissen, die sich auf der Rückseite der Schweißnaht fortsetzen.

Zu 3. Bei Blindnähten auf homogenem Material (erkennbar an der oxydfreien Naht ) sind in Abhängigkeit von den Parametern rißfreie und auch weitestgehend porenfreie Überfahrungen erzielbar. Beginnt der Prozeß zu zeitig (–5 mm), fehlt die Anbindung an die Schweißnaht. Beginnt er zu spät, kommt es zu Ungängen (Poren, Mittelrippendefekte, Risse, Start/Stop-Fehler) im Überlappungsbereich. Bei schwer schweißbaren Werkstoffen und bei realen Einschweißungen sind Ungängen (Poren, Mittelrippendefekte, Risse, Start-/Stopfehler) so nicht vermeidbar.

Zu 4. Blindnähte auf homogenem Material waren rissfrei. Schwer schweißbares Material reagierte empfindlicher. Ungängen (Poren, Mittelrippendefekte, Risse, Start-/Stopfehler) waren nicht vollständig auszuschließen. Im Auslaufbereich entstanden weiterhin Poren.

Zu 5. Bei geeigneter Absenkung im günstigen Abstand vom Start/Endpunkt waren bei Blindnähten

auch auf schwer schweißbaren Material günstige Resultate erzielt und weitestgehend Porenfreiheit zu verzeichnen. Der Überlappungsbereich konnte bei guter Oberfläche der Schweißnaht auf 40 mm verringert werden.

Zu 6. Blindnähte waren riß- und porenfrei. Das wiederholte Überfahren der Schweißnaht am Start/Endpunkt führte zu tiefen Einbuchtungen in der Schweißnaht. Der Prozess muß durch geeignete Parameterwahl optimiert werden. Reale Einschweißungen waren bisher nicht rißfrei darstellbar.

#### Ausführungsbeispiel

[0008] Aus diesen durchgeführten Untersuchungen konnte die erfindungsgemäße Lösung für ein fehlerfreies Laserschweißen bestimmt werden.

[0009] Die Lösung für ein fehlerfreies Laserschweißen ist nur in einer Kombination von Maßnahmen über die Führung des Laserstrahles im Start-/Stopbereich der Schweißnaht möglich, indem die Streckenenergie in diesem Bereich optimal gesteuert wird.

[0010] Dabei sind folgende technologische Vorgaben als Einzelmaßnahmen beim Laserschweißen vorzugsweise bei Endlosschweißnähten, als die technologisch anspruchsvollere Schweißaufgabe zu erfüllen:

- Verringerung der Aufschmelztemperatur im Start-/Stop-Bereich indem die Leistung des Laserstrahles vom Startpunkt über eine Länge von 2 mm von 0 auf volle vorgesehene Strahlleistung linear gesteigert wird.

- Im Stopbereich etwa 3 mm vor dem Ende der Schweißnaht wird die Leistung des Laserstrahles auf 30% linear abgesenkt und der Laserstrahl vom Endpunkt der Schweißnaht unter Vergrößerung des Abstandes des defokussierten Laserstrahles auf des 4-6 Fache und Verringerung der 30 %igen Leistung des Laserstrahles auf 0 vom Endpunkt der Schweißnaht zurückgefahren und abgeschaltet.

- Für eine endlos bzw. kreisförmige Schweißnaht erfolgt ein Überschweißen des Startpunktes von 6 mm.

- Der Schweißvorgang erfolgt unter einer Schutzgasatmosphäre 80-100% He und 20 - 0% Ar und der Wurzelbereich wird mit ein Formiergas von 90% N<sub>2</sub> und 10% H<sub>2</sub> umspült, damit wird eine metallisch blanke Wurzelnaht gewährleistet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start-/Stop-Bereich dadurch gekennzeichnet, daß die Führung des Laserstrahles im Start- und Stopbereich durch eine Kombination von Maßnahmen die Streckenenergie des Laserstrahles in diesem Bereich optimal gesteuert wird.

2. Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start-/Stop-Bereich nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß im Startbereich der Schweißnaht die Leistung des Laserstrahles vom Startpunkt über eine Länge von 2 mm von 0 auf volle vorgesehene Strahlleistung linear gesteigert wird.

3. Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start-/Stop-Bereich nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß im Stopbereich etwa 3 mm vor dem Ende der Schweißnaht die Leistung des Laserstrahles auf 30% linear abgesenkt wird und der Laserstrahl vom Endpunkt der Schweißnaht unter Vergrößerung des Abstandes des defokussierten Laserstrahles auf des 4-6 Fache und Verringerung der 30 %igen Leistung des Laserstrahles auf 0 vom Endpunkt der Schweißnaht zurückgefahren und abgeschaltet wird.

4. Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start-/Stop-Bereich nach Anspruch 1 - 3 dadurch gekennzeichnet, daß für eine endlos bzw. kreisförmige Schweißnaht der Start nach Anspruch 2 erfolgt und im Endpunkt gleich Startpunkt nach Anspruch 3 ein Überschweißen des Startpunktes von 6 mm erfolgt.

5. Verfahren für fehlerfreies Laserschweißen im Start-/Stop-Bereich nach Anspruch 1-4 dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißvorgang unter einer Schutzgasatmosphäre 80-100% He und 20-0% Ar erfolgt, der Wurzelbereich mit einem Formiergas von 90% N<sub>2</sub> und 10% H<sub>2</sub> umspült und somit eine metallisch blanke Wurzelnaht gewährleistet wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen